

ВНЕВАКУУМНАЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ НАПЛАВКА ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ (Ti+V₄C) НА СТАЛЬНУЮ ОСНОВУ

Бутыленкова О.А.¹, Поляков И.А.¹, Ленивцева О.Г.¹

Руководители – проф., д.т.н. Батаев А.А.¹, к.ф-м.н. Голковский М.Г.²

¹ Новосибирский государственный технический университет,

² Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН

г. Новосибирск, boal7@ngs.ru

Одним из методов, обеспечивающих повышение абразивной износостойкости деталей машин и элементов конструкций, является создание покрытия с большим количеством дисперсных включений, равномерно распределенных в поверхностном слое [1]. Наиболее перспективным для армирования металлической матрицы является диборид титана TiB₂, обладающий высокими показателями твердости (29,4 ГПа) и износостойкости [2].

Для формирования металлокерамических покрытий, упрочненных тугоплавкими частицами, все чаще используют методы наплавки с применением высококонцентрированных потоков энергии. Среди них можно выделить отличающуюся высокой производительностью обработку электронным пучком, выведенным в воздушную атмосферу [1, 3]. Использование такой технологии позволяет формировать частицы TiB₂ *in situ* за счет химических реакций, происходящих непосредственно в процессе наплавки титан- и борсодержащих порошковых смесей.

Цель данной работы заключалась в изучении структуры и свойств высокопрочных и износостойких покрытий, полученных с использованием вневакуумной электронно-лучевой обработки, осуществляемой на промышленном ускорителе электронов ЭЛВ-6.

В качестве материала наплавки использовали смеси порошков титана, карбида бора и карбонильного железа. Доля железа в каждой смеси составляла 70 вес.%, содержание титана 10, 15, 20 вес.%. Для защиты от окисления поверхностных слоев покрытия в процессе электронно-лучевой обработки использовали флюс MgF₂. Порошковые смеси наносили на предварительно подготовленную поверхность пластин стали 40Х размером 50×50×16 мм. Плотность насыпки составляла 0,33 г/см².

Наплавку осуществляли на промышленном ускорителе электронов типа ЭЛВ-6 в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН по следующему режиму: скорость перемещения образцов относительно пучка электронов – 10 мм/с, частота сканирования – 50 Гц, энергия пучка – 1,4 МэВ, ток пучка – 26 мА. Структурные исследования образцов после наплавки проводили на оптическом микроскопе AxioObserver Z1m при

увеличениях в диапазоне $\times 50 \dots \times 1000$. Для оценки микротвердости использовали прибор Wolpert Group 402MVD.

Металлографические исследования показали, что покрытия, полученные путем наплавки порошковой смеси ($\text{Ti} + \text{B}_4\text{C}$) электронным пучком, выведенным в воздушную атмосферу, имеют сложную градиентную структуру. В поверхностных слоях наблюдаются частицы кубической формы (предположительно карбиды титана) и сложная эвтектика. При увеличении содержания титана в наплавляемой порошковой смеси, объемная доля эвтектики значительно снижается. Толщина покрытий варьируется от 1,2 мм до 1,8 мм.

При проведении макроанализа поверхностных слоев покрытия трещин, отслоений и других видов дефектов не обнаружено. Следует подчеркнуть, что отсутствие отслоений благоприятно сказывается на уровне адгезионной прочности покрытия.

Анализ микротвердости показал, что при увеличении доли карбида бора в наплавке с 10 % до 20 % твердость покрытия возрастает с 550 до 700 HV, что в 3 раза превышает твердость материала основы. Графики зависимости микротвердости от глубины упрочненного слоя представлены на рис. 1. Необходимо отметить, что на приведенных графиках наблюдаются скачки микротвердости, величина которых в некоторых случаях достигает 100–150 HV. Такое поведение можно объяснить неоднородностью структуры покрытия, формируемой в условиях высокоскоростного нагрева и последующего быстрого охлаждения.

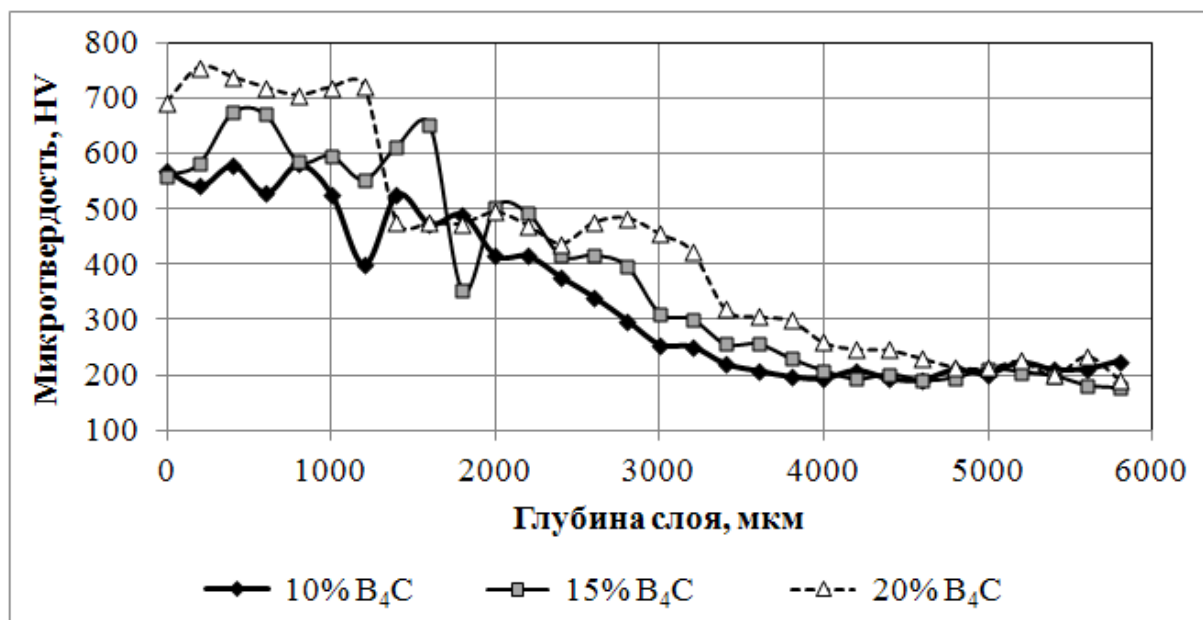


Рисунок 1 – Микротвердость слоев, сформированных методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошковых смесей с содержанием карбида бора 10, 15, 20 вес. %

Выводы

1. Наиболее эффективным методом поверхностной обработки сталей является вневакуумная электронно-лучевая наплавка порошковых покрытий с использованием промышленных ускорителей электронов. Этот метод обладает рядом преимуществ, к которым относятся высокая производительность процесса и высокий коэффициент полезного действия, по сравнению с традиционными методами обработки. Подбирая химический состав наплавляемого материала и режимы электронно-лучевой обработки, можно в широких пределах управлять структурой, а, следовательно, и свойствами поверхностных слоев металлических материалов.

2. Установлено, что в процессе вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошковой смеси ($Ti+B_4C$) формируется высококачественное покрытие, макродефектов не обнаружено.

3. Методами металлографического анализа показано, что структура покрытия преимущественно состоит из карбидов и сложной эвтектики.

4. Повышение объемной доли B_4C в наплавочной смеси до 20 вес.% способствует увеличению микротвердости поверхностных слоев в 3 раза по сравнению с твердостью основного материала.

Литература

1. Формирование покрытий двойного назначения методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки / И.М. Полетика, М.Г. Голковский, М.В. Перовская, Т.А. Крылова, Р.А. Салимов // Физическая мезомеханика. – 2006. – №9. Спецвып. – С. 177–180.

2. Phase constituents and microstructure of laser synthesized TiB_2 – TiC reinforced composite coating on steel / B. Du, S.R. Paitala, N.B. Dahotre // Scripta Materialia. – 2008. – Vol. 59. – P. 1147–1150.

3. Влияние исходного состояния на неоднородность структуры углеродистых сталей, упрочненных методом вневакуумной электронно-лучевой обработки / Е. А. Батаева, И. А. Батаев, В. Г. Буров, Л. И. Тушинский, М. Г. Голковский // МиТОМ. – 2009. – №3. – С. 3–8.